

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Setelah penulis melakukan telaah terhadap beberapa referensi yang ada, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan perancangan yang penulis lakukan.

Tugas Akhir Alat Pendeteksi Terputusnya Aliran Listrik Pada Jaringan Tegangan Menengah Satu Fasa Menggunakan Arduino Mega 2560 dengan Memanfaatkan Aplikasi Web membahas tentang pendeteksian aliran listrik pada tegangan menengah menggunakan *Arduino Mega 2560* sebagai pusat kendali dari alat pendeteksi terputusnya aliran listrik pada jaringan tegangan menengah satu fasa dengan memanfaatkan aplikasi *web*⁽¹⁾. Alat ini dapat mendeteksi terputusnya aliran listrik jaringan tegangan menengah secara *realtime* yang dapat dipantau dimana saja melalui *website*. *Arduino Mega 2560* sebagai pusat kendali dari beberapa *input* yaitu sensor *optocoupler* dan *keypad*. *Optocoupler* digunakan untuk mendeteksi aliran listrik 220VAC. *Keypad* digunakan untuk memasukkan *username*, *password*, dan *ID* alat. Serta *output* yang dihasilkan dikirim ke *database server* dan ditampilkan pada *LCD*. Diharapkan dengan digunakannya alat tersebut dapat mempercepat respon petugas dalam penormalan jaringan dan tidak mengandalkan laporan dari warga.

Tugas Akhir Rancang Bangun ATS (*Automatic Transfer Switch*) –AMF (*Automatic Main Failure*) Pada Genset Berbasis Atmega 8 Dengan Monitoring Bahan Bakar⁽²⁾ membahas Perancangan sistem ini terdiri dari rangkaian catu daya,

Mikrokontroler Atmega 8 sebagai pusat pengendali, Sumber tegangan, Driver ATS, Output.

Perbedaan tugas akhir yang akan dikerjakan penulis dengan referensi – referensi diatas adalah penulis akan menggunakan *Arduino Mega 2560* sebagai pusat kendali dari alat monitoring ATS – AMF dengan pembebanan bertingkat berbasis *Internet of Things* (IOT). Alat ini dirancang untuk mampu memonitoring tegangan, arus, dan keandalan sistem secara nirkabel dan *realtime*. selain itu, alat ini juga dapat mengatur timer untuk *warming – up* genset agar genset terawat dan mengurangi resiko kerusakan pada genset. Monitoring ini menggunakan kosep *Internet of Things* (IOT) dengan aplikasi android. Alat ini juga menggunakan sistem pembebanan bertahap dimana sistem pembebanan bertahap ini diharapkan dapat meringankan beban genset ketika akan mengambil alih beban.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Genset



Gambar 2-1 Genset

(Sumber : <https://tekniklistrik.com/harga-genset-honda/> diakses pada 9 juli 2018)

Genset (*generator set*) adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai *generator set* dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu engine dan generator atau alternator. Engine sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik. Engine dapat berupa perangkat mesin diesel berbahan bakar solar atau mesin berbahan bakar bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar).

Arus listrik yang dihasilkan oleh generator akan memiliki perbedaan tegangan di antara kedua kutub generatornya sehingga apabila dihubungkan dengan beban akan menghasilkan daya listrik, atau dalam rumusan fisika sebagai :

$$P \text{ (daya)} = V \text{ (tegangan)} \times I \text{ (arus)}$$

dengan satuan adalah VA atau Volt Ampere. Rumusan fisika yang lebih kompleks lagi dijelaskan bahwa:

$$P \text{ (daya)} = V \text{ (tegangan)} \times I \text{ (arus)} \times \cos\phi \text{ (faktor daya)}$$

dengan satuan Watt.

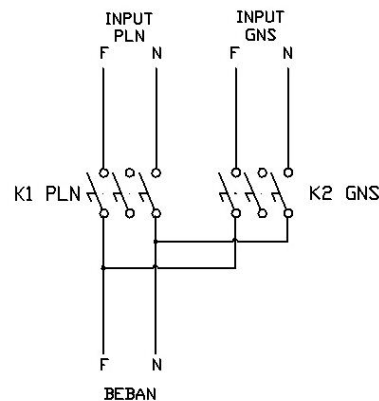
Genset dapat dibedakan dari jenis engine penggeraknya, dimana kita kenal tipe-tipe engine yaitu engine diesel dan engine non diesel /bensin. Engine diesel dikenali dari bahan bakarnya berupa solar, sedangkan engine non diesel berbahan bakar bensin premium.

Prinsip kerja genset adalah sebuah mesin pembakaran (mesin diesel atau mesin bensin) akan mengubah energy bahan bakar menjadi energy mekanik, kemudian energy mekanik tersebut diubah atau dikonversi oleh generator sehingga menghasilkan daya listrik .

2.2.2 *ATS - MF(Auto Transfer Switch – Main Failure)*

ATS adalah singkatan dari *Automatic Transfer Switch*, yaitu proses pemindahan penyulang dari penyulang/sumber listrik yang satu ke sumber listrik yang lain secara bergantian sesuai perintah pemrograman, ATS adalah pengembangan dari COS atau yang biasa disebut secara jelas sebagai *Change Over Switch*, beda keduanya adalah terletak pada sistim kerjanya, untuk ATS kendali kerja dilakukan secara otomatis, sedangkan COS dikendalikan atau dioperasikan secara manual.

Pemakaian panel ATS pada instalasi dalam gedung dimaksudkan untuk mengantisipasi pada saat PLN gagal dalam mensuplai listrik (mengalami pemadaman), maka dalam hal ini genset yang akan menggantikan peranan dari PLN untuk mensuplai sumber daya listrik, disini peranan panel ATS adalah memindahkan secara otomatis distribusi dari PLN ke Genset, sehingga Genset tersebut dapat menggantikan peranan dari PLN untuk mensuplai sumber daya listrik pada Gedung/lokasi tersebut. Selanjutnya apabila PLN kembali normal, maka Fungsi ATS secara otomatis memindahkan distribusi daya listrik dari Genset ke PLN.



Gambar 2-2 Konstruksi Relay Mekanik

(Sumber : <http://akhdanazizan.com/rangkaian-kontrol-panel-ats> diakses pada 9 Juli 2018)

AMF adalah singkatan dalam istilah kelistrikan dari *Automatic Main Failure* yang maksudnya menjelaskan cara kerja otomatisasi terhadap sistem terhadap sistem kelistrikan cadangan apabila terjadi gangguan pada sumber/penyulang listrik utama (Main), istilah ini secara umum sering dijabarkan sebagai sistem kendali start dan stop genset, baik itu diesel generator, genset gas maupun turbin.

Sistem kerja panel ATS dan AMF yang sering kita temukan adalah kombinasi untuk pertukaran sumber baik dari genset ke pln maupun sebaliknya, bilamana suatu saat sumber listrik dari PLN tiba-tiba padam, maka AMF bertugas untuk menjalankan diesel genset sekaligus memberikan proteksi terhadap sistem genset, baik proteksi terhadap unit mesin/engine yang berupa pengamanan terhadap gangguan rendahnya tekanan minyak pelumas (*Low Oil Pressure*) maupun kondisi temperatur mesin serta media pendinginannya, dan juga memberikan perlindungan terhadap unit Generatornya. baik berupa pengamanan terhadap beban pemakaian yang berlebih maupun perlindungan terhadap karakteristik lain seperti tegangan maupun frekuensi genset, apabila parameter yang diamankan melebihi batasan

normal/setting maka tugas ATS adalah melepas hubungan arus listrik ke beban sedangkan AMF bertugas untuk memberhentikan kerja mesin.

Apabila generator yang dijalankan beroperasi dengan baik, berikutnya ATS bertugas memindahkan sambungan dari sebelumnya yang tersambung dengan PLN dipindahkan secara otomatis ke sisi generator sehingga aliran listrik bisa tersambung ke sisi pengguna.

Apabila kemudian PLN kembali normal, selanjutnya ATS bertugas untuk mengembalikan jalurnya dengan memindahkan switch kembali ke sisi utama dan untuk kemudian disusul dengan tugas AMF untuk memberhentikan kerja mesin diesel tersebut, demikian seterusnya semua sistim kontrol dikendalikan secara otomatis berjalan dengan sendirinya.

2.2.3. Baterai

Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda- elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.

Jenis sel baterai ini disebut juga Storage Battery, adalah suatu baterai yang dapat digunakan berulang kali pada keadaan sumber listrik arus bolak-balik (AC) terganggu.

Tiap sel baterai ini terdiri dari dua macam elektroda yang berlainan, yaitu elektroda positif dan elektroda negatif yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia. Bahan elektrolit yang banyak dipergunakan pada baterai adalah jenis asam (*lead acid*) dan basa (alkali).

Baterai asam bahan elektrolitnya adalah larutan asam belerang (*Sulfuric Acid* = H_2SO_4). Di dalam baterai asam, elektroda-elektrodanya terdiri dari pelat-pelat timah peroksida PbO_2 (*Lead Peroxide*) sebagai *anoda* (kutub positif) dan timah murni Pb (*Lead Sponge*) sebagai *katoda* (kutub negatif). Gambar 2-3 merupakan contoh baterai asam.



Gambar 2-3 Baterai Asam (*Lead Acid Battery*)
(Sumber: <https://www.tokopedia.com/makmurjayamotor/accuaki-motor-gs-maintenance-free-gtz4v-kering>, diakses pada tanggal 9 Juli 2018)

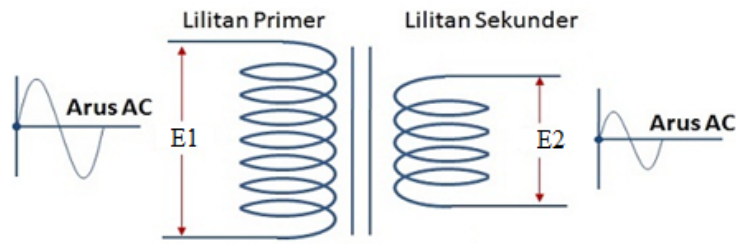
Ciri-ciri umum (tergantung pabrik pembuat) sebagai berikut :

- Tegangan nominal per sel 2 Volt.
- Ukuran baterai per sel lebih besar bila dibandingkan dengan baterai alkali.
- Nilai berat jenis elektrolit sebanding dengan kapasitas baterai.

- Suhu elektrolit sangat mempengaruhi terhadap nilai berat jenis elektrolit, semakin tinggi suhu elektrolit semakin rendah berat jenisnya dan sebaliknya.
- Nilai standar berat jenis elektrolit tergantung dari pabrik pembuatnya.
- Umur baterai tergantung pada operasi dan pemeliharaan, biasanya dapat mencapai 10–15 tahun, dengan syarat suhu baterai tidak lebih dari 20° C.
- Tegangan pengisian per sel harus sesuai dengan petunjuk operasi dan pemeliharaan dari pabrik pembuat. Sebagai contoh adalah:
 - Pengisian awal (*Initial Charge*): 2,7 volt
 - Pengisian secara *Floating*: 2,18 volt
 - Pengisian secara *Equalizing*: 2,25 volt
 - Pengisian secara *Boosting*: 2,37 volt
- Tegangan pengosongan per sel (*Discharge*): 2,0 – 1,8 Volt

2.2.4. Transformator

Transformator yang digunakan untuk catu daya adalah transformator *step-down* yang bekerja mengacu pada persamaan. Transformator ini berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik sesuai dengan kebutuhan komponen elektronika yang terdapat pada rangkaian catu daya (*DC power supply*).



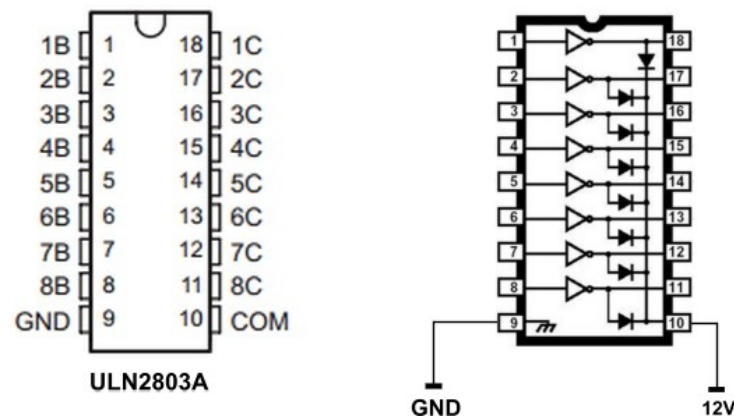
Gambar 2-4 Rangkaian Transformator *Step Down*
(Sumber : teknikelektronika.com, diakses tanggal 20 juli 2018)

Pada alat ini transformator menurunkan tegangan dari 220 VAC pada kumparan primer menjadi 12 VAC pada kumparan sekunder dengan frekuensi yang sama. Meskipun tegangan telah diturunkan, *Output* dari transformator masih berbentuk arus bolak-balik (arus AC) yang harus diproses untuk menjadi arus searah (arus DC) oleh *rectifier*.

Gambar 2-4 merupakan *transformator step down* dari tegangan primer 220 V AC menjadi tegangan sekunder dengan pilihan tegangan 6, 12, 15, dan 18 V AC.

2.2.5. *Driver Relay IC ULN 2803*

Driver relay merupakan rangkaian yang digunakan untuk menggerakkan *relay*. Rangkaian ini digunakan sebagai *interface* antara *relay* yang memiliki tegangan kerja bervariasi (misal 12 V) dengan *microcontroller* yang hanya bertegangan 5 V. Sebab, tegangan *output* mikrokontroler sebesar 5V tersebut belum bisa digunakan untuk mengaktifkan *relay*. Gambar 2-5 merupakan diagram *pin-out* dari ULN2803.



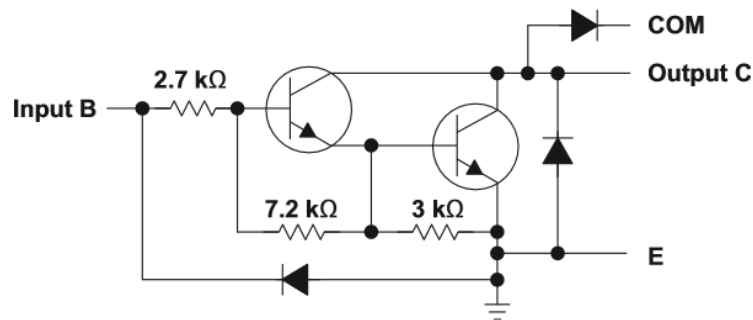
Gambar 2-5 Pin-out Diagram ULN 2803

(sumber ; <https://www.robotics.org.za/ULN2803> diakses tanggal 20 juli 2018)

ULN2803 merupakan salah satu *chip* IC yang mampu difungsikan sebagai *driver relay*. IC ini mempunyai 8 buah pasangan transistor *Darlington npn*, dengan tegangan *output* maksimal 50 V dan arus setiap pin mencapai 500mA. *ULN2803* mempunyai 18 pin dengan rincian pin 1-8 digunakan untuk menerima sinyal tingkat rendah, pin 9 sebagai *ground*, pin 10 sebagai *Vcc*, dan pin 11-18 merupakan *output*.

Pasangan transistor *Darlington* adalah penggabungan dua buah transistor bipolar dan umumnya mempunyai beta yang sama. Keuntungan transistor *Darlington* yakni mempunyai impedansi input tinggi dan impedansi *output* rendah serta memiliki penguatan (*gain*) yang tinggi karena hasil penguatan transistor yang pertama akan dikuatkan lebih lanjut oleh transistor yang kedua.

Pasangan *Darlington* didalam IC ULN 2803 ditunjukkan pada gambar 2-6 berikut.



Gambar 2-6 Pasangan *Darlington* Dalam *ULN2803*
(Sumber: *Datasheet ULN2803, Texas Instrument*)

Gambar 2-6 menunjukkan rangkaian internal dalam setiap pin dalam ULN 2803, dimana transistor dimanfaatkan sebagai saklar untuk memacu kerja *relay*. Terlihat bahwa rangkaian *Darlington* terdiri dari dua buah transistor bipolar yang penguatannya lebih tinggi karena arus akan dikuatkan oleh transistor pertama dan akan dikuatkan lagi oleh transistor yang kedua untuk mendapatkan arus yang besar yang disebut β atau h_{FE} .

Ketika *input* belum mendapat tegangan, maka transistor satu (Q1) dan transistor dua (Q2) tidak akan aktif karena tidak adanya arus yang mengalir ke basis. Namun ketika *input* mendapat tegangan 5 Volt, maka arus *input* akan naik sehingga kedua transistor Q1 dan Q2 akan aktif/bekerja. Arus *input* Q2 merupakan kombinasi dari arus *input* dan arus emiter dari Q1, sehingga Q2 akan mengalirkan arus lebih banyak daripada Q1. Arus yang mengalir keluar dari Q2 akan memberikan jalan bagi rangkaian yang tersambung pada *output ULN2803*, misalnya *relay*, untuk tersambung ke *ground*. Sehingga bisa dikatakan bahwa *output* dari ULN2803 adalah nol atau *ground*.

2.2.6. Charger

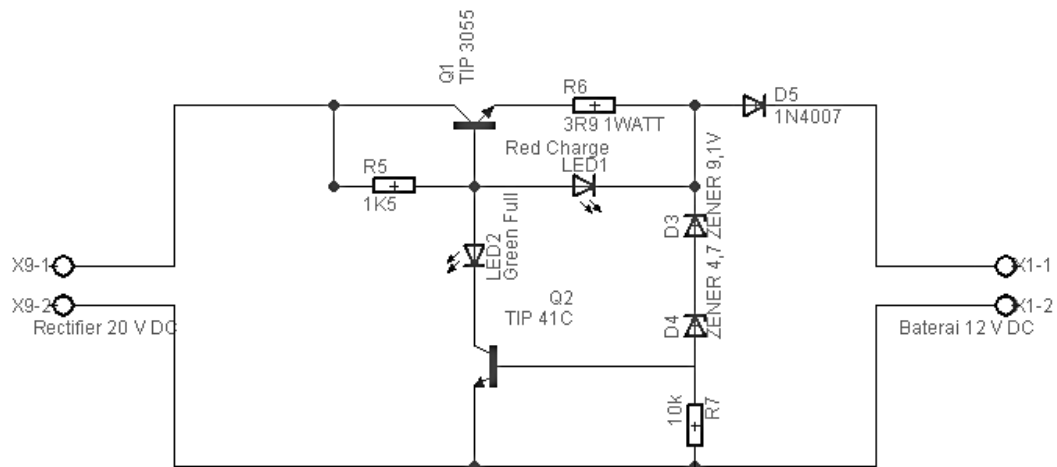
Charger sering juga disebut *converter* adalah suatu rangkaian peralatan listrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik bolak balik (*Alternating Current*, disingkat AC) menjadi arus listrik searah (*Direct Current*, disingkat DC), yang berfungsi untuk pasokan DC *power* baik ke peralatan-peralatan yang menggunakan sumber DC maupun untuk mengisi baterai agar kapasitasnya tetap terjaga penuh sehingga keandalan unit pembangkit tetap terjamin. Dalam hal ini baterai harus selalu tersambung ke *rectifier*⁽⁸⁾.

Kapasitas *rectifier* harus disesuaikan dengan kapasitas baterai yang terpasang, setidaknya kapasitas arusnya harus mencukupi untuk pengisian baterai sesuai jenisnya yaitu untuk baterai alkali adalah 0,2 C (0,2 x kapasitas) sedangkan untuk baterai asam adalah 0,1C (0,1 x kapasitas) ditambah beban statis (tetap) pada unit pembangkit. Sebagai contoh jika suatu unit pembangkit dengan baterai jenis asam kapasitas terpasangnya adalah 200 Ah dan arus statisnya adalah 10 *Ampere*, maka minimum kapasitas arus *rectifier* adalah:

$$\begin{aligned} I_{\text{rectifier}} &= (0,1 \times 200\text{Ah}) + 10 \text{ A} \\ &= 20 \text{ A} + 10 \text{ A} \\ &= 30 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Jadi, kapasitas *rectifier* minimum yang harus disiapkan adalah sebesar 30 *Ampere*.

Pada gambar 2-7 ditunjukkan rangkaian charger untuk baterai kering 12 V DC tipe *Lead Acid*.



Gambar 2-7 Rangkaian *Charger*
(Sumber: *Eagle Schematics Project* dibuat pada tanggal 16 Juli 2018)

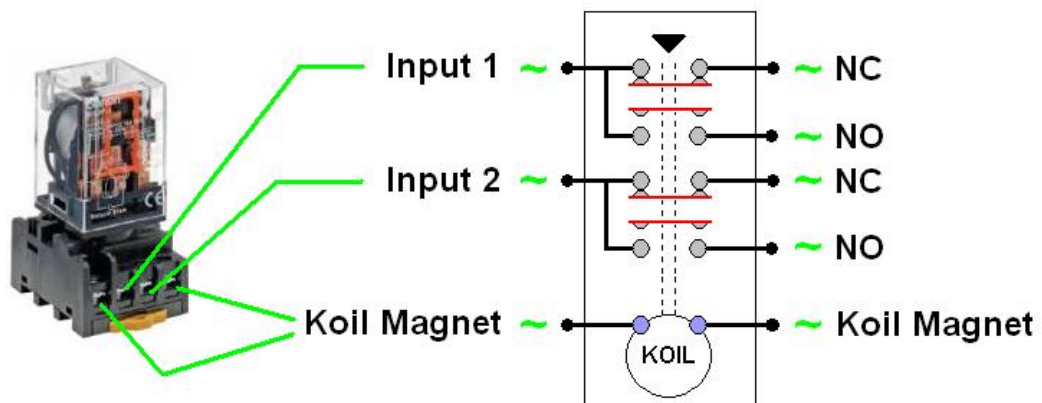
Rangkaian charger pada gambar 2.10 menggunakan 2 transistor, 2 LED, 2 dioda zener, diode, dan 3 resistor. Cara kerja charger di atas adalah saat breakdown zener tercapai yaitu hampir 13,8V maka dioda zener akan terbuka dan mengalirkan arus ke Basis Q2, maka Q2 mulai *On* atau mengalirkan arus dari kolektor ke emitor. Led hijau mulai menyala sedangkan led merah meredup. Saat Q2 mengalirkan arus dari kolektor ke emitor secara penuh maka led hijau menyala terang, led merah padam dan Q1 akan *off*. Saat baterai penuh, transistor Q1 TIP3055 akan *off* atau tidak mengalirkan arus dari kolektor ke emitor. Saat voltase breakdown zener tercapai maka zener akan terbuka dan memicu transistor untuk *On*, arus akan dibuang ke *ground*. Karena arus dibuang ke ground maka arus menuju baterai akan menjadi sangat kecil dan tetap menjaga voltase pada batas yang ditentukan saja. Setelah baterai terpakai, maka voltase baterai menurun, zener kembali menutup, dan proses charging berjalan kembali sampai cut off tercapai.

2.2.7 Relay

Relay pengendali elektromekanis (*an electromechanical relay = EMR*) adalah saklar magnetis. *Relay* ini menghubungkan rangkaian beban *on* atau *off* dengan pemberian energi elektromagnetis, yang membuka atau menutup kontak pada rangkaian⁽⁹⁾.

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*). Bentuk fisik dan simbol *relay* ditunjukkan pada gambar 2-8.

Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *relay* yang menggunakan elektromagnet 5 Volt dan 50 mA mampu menggerakkan *armature relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.



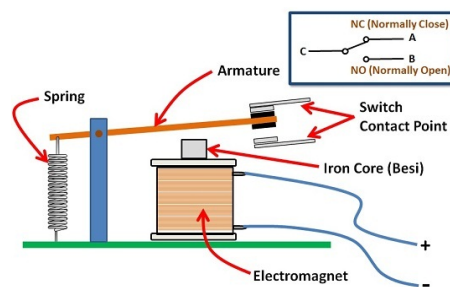
Gambar 2-8 Rangkaian *Charger*
(Sumber: *datasheet relay* dibuat pada tanggal 16 Juli 2018)

Prinsip Kerja Relay

Pada dasarnya, *relay* terdiri dari empat komponen dasar, yaitu :

1. Electromagnet (*coil*)
2. *Armature*
3. *Switch contact point* (saklar)
4. *Spring*

Berikut ini gambar 2-9 merupakan bagian-bagian *relay* :



Gambar 2.-9 Struktur Relay SPDT

(Sumber :<https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/> diakses pada 20 juli 2018)

Prinsip kerja relay berdasarkan gambar 2-9, sebuah besi (iron core) yang dililit oleh sebuah kumparan coil yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila kumparan coil diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik armature untuk berpindah dari posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana armature tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi open atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, armature akan kembali lagi ke posisi awal (NC). Coil yang

membutuhkan arus listrik yang relatif kecil. Kontak poin (contact point) relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

1. *Normally close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *close* (tertutup)
2. *Normally open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *open* (terbuka).

Kontak *normally open* (NO) akan membuka ketika tidak ada arus yang mengalir pada kumparan, tetapi tertutup secepatnya setelah kumparan menghantarkan arus atau diberi tenaga. *Relay* pada saat kontak *normally open* terlihat pada gambar 2-9.

Pada saat kontak *normally close* akan tertutup apabila kumparan tidak diberi daya dan membuka ketika kumparan diberi daya. *Relay* pada saat kontak *normally close* terlihat pada gambar 2-9.

Apabila kumparan diberi daya, terjadi medan elektromagnetis. Aksi dari medan pada gilirannya menyebabkan *plunger* bergerak pada kumparan menutup kontak NO dan membuka kontak NC. Beberapa fungsi *relay* yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan elektronika diantaranya adalah:

1. *Relay* digunakan untuk menjalankan fungsi logika (*logic function*)
2. *Relay* digunakan untuk memberikan fungsi penundaan waktu (*time delay function*)
3. *Relay* digunakan untuk mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan bantuan dari signal tegangan rendah

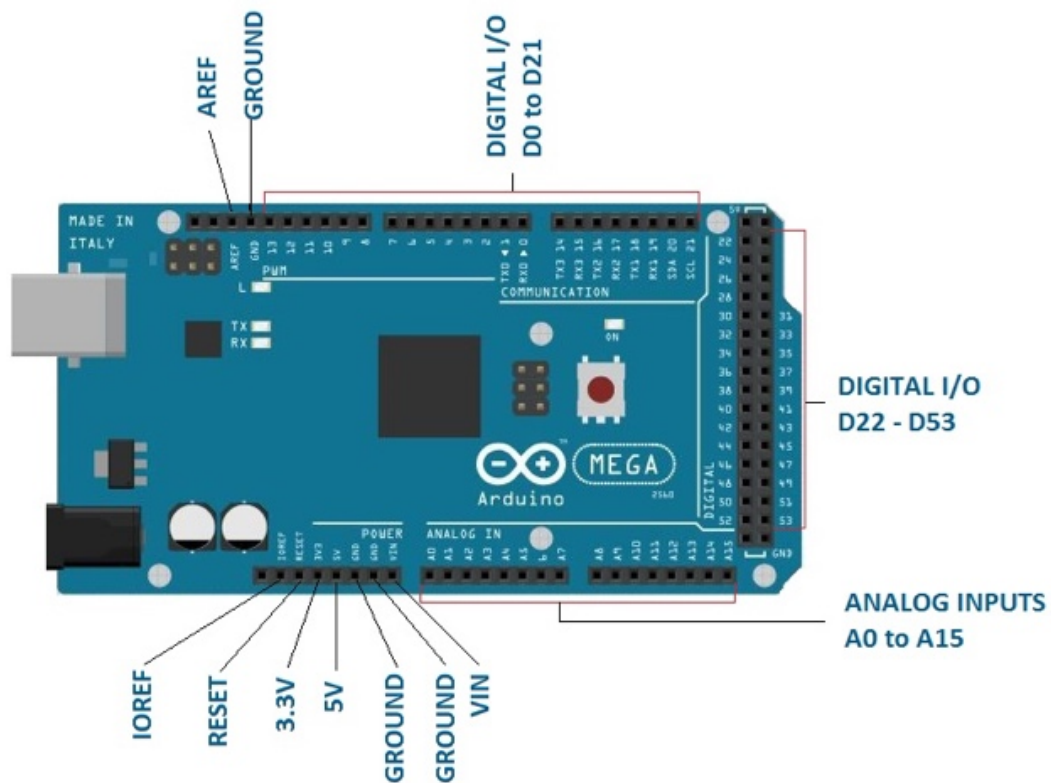
Ada juga *relay* yang berfungsi untuk melindungi motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan tegangan ataupun hubung singkat (*short*).

2.2.8 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel⁽¹⁰⁾.

Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau Integrated Circuit (IC) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan ditanamkannya program pada mikrokontroler adalah supaya rangkaian elektronik dapat membaca input, kemudian memproses input tersebut sehingga menghasilkan output yang sesuai dengan keinginan. Jadi mikrokontroler berfungsi sebagai otak yang mengatur input, proses, dan output sebuah rangkaian elektronik.

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega 2560 yang memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin diantaranya digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, 4 pin sebagai UART (port serial hardware), sebuah osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack power, header ISCP, dan tombol reset.



Gambar 2.-10 Arduino Mega 2560
(Sumber :datasheet Arduino Mega 2560 diakses pada 20 juli 2018)

Untuk mengaktifkan *Arduino Mega 2560* cukup dapat dilakukan dengan mengkoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB tipe B atau dengan *adaptor* AC/DC atau bisa juga menggunakan baterai dengan tegangan antara 7-20VDC. Berikut merupakan spesifikasi dari arduino mega 2560 :

Tabel 2-1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage (disarankan)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (yang 15 pin digunakan sebagai <i>output</i> PWM)
Pins Input Analog	16
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>)
Tabel 2.3 (lanjutan)	
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

(Sumber: www.arduino.cc, diakses tanggal 20 Mei 2018)

Memori yang dimiliki oleh mikrokontroler Atmega 2560 sebesar 256 KB *flash memori* untuk menyimpan kode (yang mana 8KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB SRAM (*Static Random Access Memory*), dan 4 KB EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*).

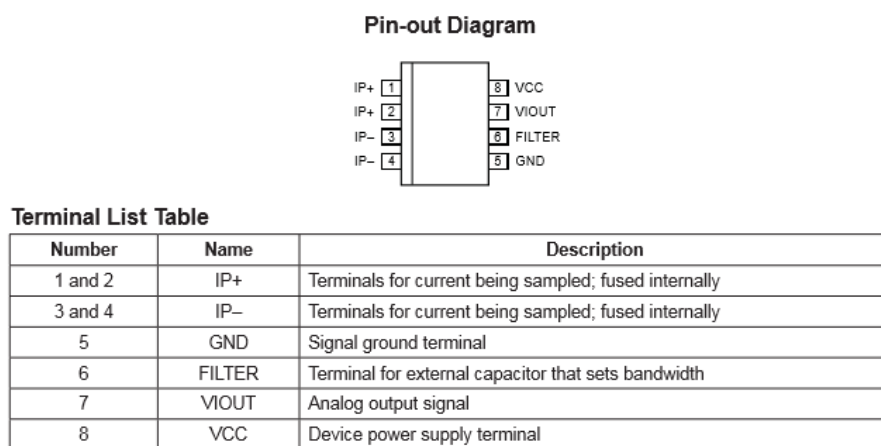
2.2.9 Sensor Arus ACS 712

ACS712 merupakan suatu IC terpaket yang berfungsi sebagai sensor arus menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. ACS712 merupakan sensor yang ekonomis dan presisi baik untuk pengukuran AC ataupun DC dan sensor ini memiliki tipe variasi sesuai arus maksimalnya yakni 5A, 20A, dan 30A dengan V_{cc} 5V.

Beberapa fitur dari sensor arus ACS712 adalah :

1. Waktu kenaikan perubahan luaran adalah 5 μ s.
2. Lebar frekuensi sampai dengan 80 kHz.
3. Total kesalahan luaran 1,5% pada suhu $T_A=25^{\circ}\text{C}$.
4. Memiliki sensitivitas 185 mV/A dengan *range* pengukuran 5V.
5. Mampu mengukur arus AC maupun arus DC.
6. Tegangan kerja 5 V DC.

Gambar 2-11 dibawah menunjukkan diagram *pinout* dari sensor arus ACS712.



Gambar 2-11 Pin-out Diagram ACS712

(Sumber: <http://www.elektrojo.com/content/65-ac712-current-5a-sensor->, diakses tanggal 20 Mei 2018)

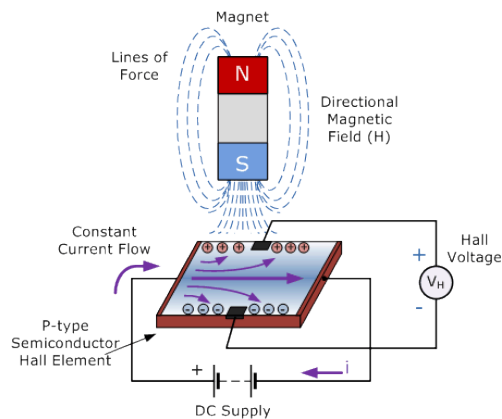
Sensor ACS712 yang menggunakan prinsip efek *Hall* akan mendeteksi arus yang mengalir melalui pin IP+ dan IP- dan memberikan output berupa tegangan. Keuntungan dari penggunaan sensor efek *Hall* adalah sirkuit yang dialiri arus (pin 1,2,3, dan 4) dengan sirkuit yang membaca besaran arus (pin 5 sampai 8) terisolasi secara elektrik. Artinya, meskipun Arduino beroperasi pada tegangan 5V, namun

pada sirkuit yang dialiri arus bisa diberi level tegangan DC maupun AC yang lebih besar dari tegangan tersebut.

Pada ACS712, pendeteksian arus dimulai dengan fenomena yang dinamakan Hukum *Faraday* tentang induksi. Hukum ini menjelaskan bagaimana arus listrik yang mengalir melalui konduktor akan menimbulkan medan elektromagnetik, dan bagaimana perubahan pada medan elektromagnetik dapat membuat atau menginduksi arus ke konduktor.

Tahap selanjutnya adalah efek *Hall*. Efek *Hall* adalah peristiwa membeloknya arus listrik di dalam pelat konduktor karena adanya pengaruh medan magnet.^[11]

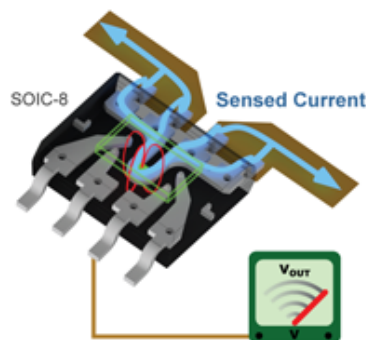
Ketika arus listrik (I) mengalir pada lempengan logam dan logam tersebut terpengaruh oleh medan magnet (B) yang tegak lurus dengan arus, maka pembawa muatan (*charge carrier*) yang bergerak pada logam akan mengalami pembelokan oleh medan magnet tersebut. Akibat dari proses itu akan terjadi penumpukan muatan pada sisi-sisi logam setelah beberapa saat. Penumpukan atau pengumpulan muatan dapat menyebabkan sisi logam menjadi lebih elektropositif ataupun elektronegatif tergantung pada pembawa muatannya. Perbedaan muatan di kedua sisi logam ini menimbulkan perbedaan potensial yang disebut sebagai Potensial *Hall*.^[30] Proses ini ditunjukkan dalam gambar 2-12 berikut.



Gambar 2-12 Prinsip Kerja Efek *Hall*

(Sumber :<https://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-efek-hall-hall-effect-sensor-prinsip-kerja-efek-hall/> diakses 20 juli 2018)

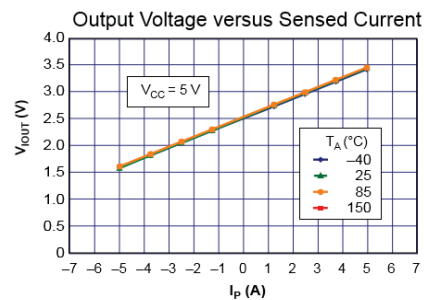
Pada *ACS712* pin yang dialiri arus akan terhubung ke konduktor tembaga yang terhubung secara internal sehingga arus akan banyak mengalir pada bagian ini. *ACS712* memiliki sensor efek *Hall* yang diletakkan di dekat konduktor tembaga sehingga jika arus mengalir melalui konduktor dan menghasilkan medan magnet, medan magnet ini akan dideteksi oleh sensor efek *Hall* (berupa lempengan bahan semikonduktor) yang *output*nya berupa tegangan dengan nilai sesuai dengan arus *input*. Proses deteksi arus *ACS712* ini ditunjukkan dalam gambar 2-13 berikut.



Gambar 2-13 Prinsip Kerja Sensor Arus *ACS 712*

(Sumber: <http://www.elektrojo.com/content/65-ac712-current-5a-sensor->, diakses tanggal 20 Mei 2018)

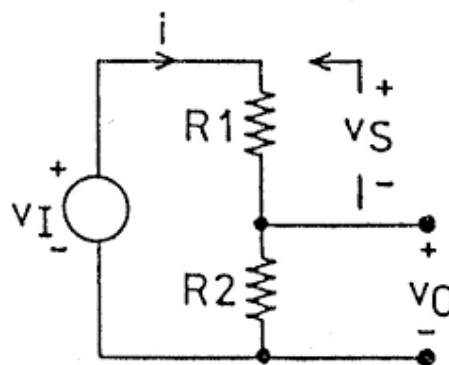
Karakteristik dari sensor ini adalah ketika tidak ada arus yang mengalir pada rangkaian maka keluaran sensor adalah setengah dari V_{cc} yaitu 2,5 V. Dan ketika arus mengalir dari pin IP+ ke IP-, maka keluaran akan $>2,5$ V, sedangkan ketika arus mengalir dari IP- ke IP+ maka keluaran akan $<2,5$ V. Gambar 2.55 Menunjukkan hubungan antara tegangan *output* dengan arus yang dideteksi sensor.



Gambar 2-14 Hubungan Tegangan *Output* dengan Arus
(Sumber: <http://www.elektrojo.com/content/65-ac712-current-5a-sensor->, diakses tanggal 20 Mei 2018)

2.2.10 Pembagi tegangan

Dalam elektronik, pembagi tegangan (juga dikenal sebagai pembagi potensial) adalah sebuah rangkaian elektronika linear yang akan menghasilkan tegangan output (V_{out}) yang merupakan sebagian kecil dari tegangan masukan (V_{in})^[16].

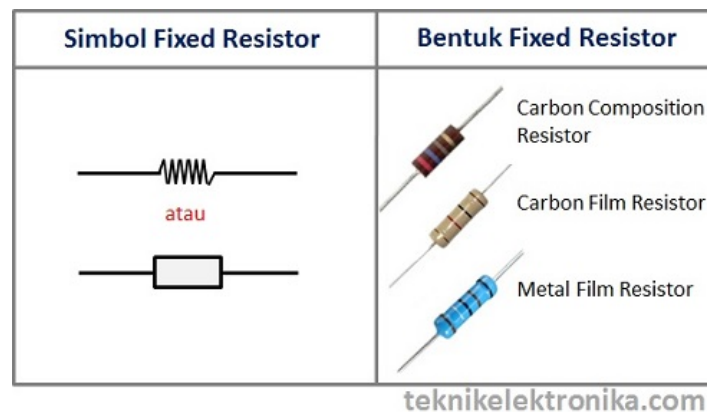


Gambar 2-15 Rangkaian resistor sebagai pembagi tegangan
(sumber : document pribadi diakses pada 20 juli 2018)

Pembagi tegangan biasanya menggunakan dua resistor atau dibuat dengan satu potensiometer. Tegangan output tergantung dari nilai-nilai komponen resistor atau dari pengaturan potentiometer. Ketika pembagi tegangan diambil dari titik tengah, tegangan akan terbagi sesuai dengan nilai hambatan (resistor atau potensiometer) yang di pasang.

Resistor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menghambat atau membatasi aliran listrik yang mengalir dalam suatu rangkain elektronika . Komponen ini memiliki bentuk kecil dan memiliki gelang warna yang menunjukkan besar dan kecilnya suatu tahanan. Resistor memiliki 2 buah kaki pada ujungnya dan tidak memiliki kutub positif dan kutub negatif sehingga pemasangannya boleh terbalik,

Komponen ini terbuat dari bahan arang sehingga arus yang ada dalam resistor tetap tidak dapat di ubah-ubah lagi. Apabila nilai ohmnya tidak sesuai dengan arus yang masuk (lebih besar arus dari nilainya) maka komponen ini akan terbakar dantidak berfungsi lagi.



Gambar 2-16 Simbol Resistor

(sumber : <http://www.ecobionlabs.com/index.php?page=resistor-basics-identification> diakses 24 juli 2018)

Dalam menentukan resistor yang diperlukan digunakan perhitungan untuk mendapat nilai resistor yang sesuai dengan tegangan keluaran yang diinginkan.

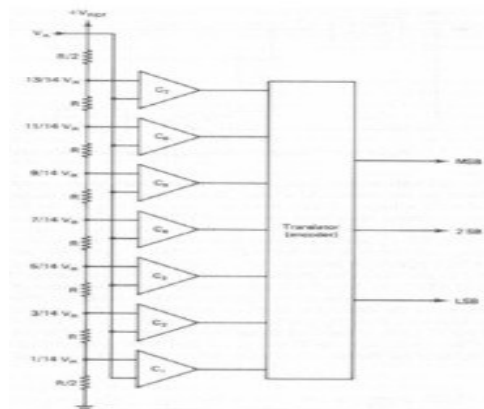
Berikut perhitunganya :

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} \times V1$$

2.2.11 ADC (*Analog Digital Converter*)

3

4 **ADC (*Analog To Digital Converter*)** adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital. Perangkat ADC (*Analog To Digital Conversion*) dapat berbentuk suatu modul atau rangkaian elektronika maupun suatu chip IC. ADC (*Analog To Digital Converter*) berfungsi untuk menjembatani pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital.



Gambar 2-17 Ilustrasi ADC

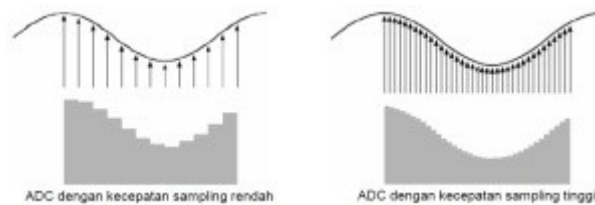
(Sumber: <https://openlabpro.com/guide/analog-to-digital-converter-using-pic18f4550/> diakses pada 20 juli 2018)

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala

maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 255 = 153$ (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner).

ADC (*Analog to Digital Converter*) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi.

Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan “seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu”. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second* (SPS).



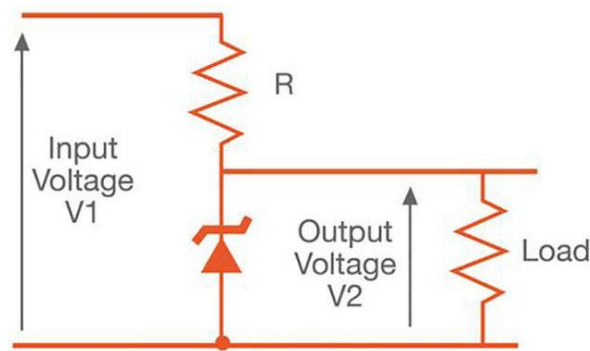
Gambar 2-18 *Ilustrasi Kecepatan Sampling ADC*
(Sumber: <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/adc-analog-to-digital-converter/> diakses pada 20 juli 2018)

Resolusi ADC menentukan “ketelitian nilai hasil konversi ADC”. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 ($2^8 - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

4.2.7 Zener

Dioda Zener adalah diode yang memiliki karakteristik menyalurkan arus listrik mengalir ke arah yang berlawanan jika tegangan yang diberikan melampaui

batas "tegangan tembus" (breakdown voltage) atau "tegangan Zener". Ini berlainan dari diode biasa yang hanya menyalurkan arus listrik ke satu arah.

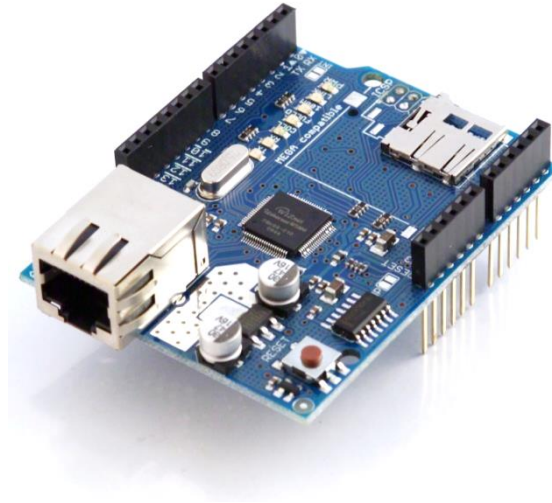


Gambar 2-19 Rangkaian Dioda Zener
(Sumber: <https://www.digikey.com/en/maker/blogs/zener-diode-basic-operation-and-applications> diakses pada 30 juli 2018)

Dioda yang biasa tidak akan mengalirkan arus listrik untuk mengalir secara berlawanan jika dicatu-balik (reverse-biased) di bawah tegangan rusaknya. Jika melampaui batas tegangan operasional, diode biasa akan menjadi rusak karena kelebihan arus listrik yang menyebabkan panas. Namun proses ini adalah reversibel jika dilakukan dalam batas kemampuan. Dalam kasus pencatuan-maju (sesuai dengan arah gambar panah), diode ini akan memberikan tegangan jatuh (drop voltage) sekitar 0.6 Volt yang biasa untuk diode silikon. Tegangan jatuh ini tergantung dari jenis diode yang dipakai.

4.2.8 Ethernet Shield

Ethernet Shield menambah kemampuan arduino board agar terhubung ke jaringan komputer. Perangkat *Ethernet Shield* ditunjukkan pada gambar 2.20.



Gambar 2-20 *Ethernet Shield*

(Sumber: *Datasheet Ethernet Shield* diakses pada 20 juli 2018)

Ethernet shield berbasiskan *chip* ethernet *Wiznet W5100*. *Ethernet library* digunakan dalam menulis program agar arduino board dapat terhubung ke jaringan dengan menggunakan *ethernet shield*. Pada *ethernet shield* terdapat sebuah slot *micro-SD*, yang dapat digunakan untuk menyimpan file yang dapat diakses melalui jaringan. Onboard *micro-SD* card reader diakses dengan menggunakan *SDlibrary*. Arduino board berkomunikasi dengan *W5100* dan *SD card* menggunakan bus *SPI* (*Serial Peripheral Interface*⁽¹²⁾). Komunikasi ini diatur oleh library *SPI.h* dan *Ethernet.h*.

Bus SPI menggunakan pin digital 11, 12 dan 13 pada *Arduino Uno* dan pin 50, 51, dan 52 pada Mega. Pin digital 10 digunakan untuk memilih *W5100* dan pin digital 4 digunakan untuk memilih *SD card*. Pin-pin yang sudah disebutkan

sebelumnya tidak dapat digunakan untuk input/output umum ketika kita menggunakan ethernet shield. Karena *W5100* dan *SD card* berbagi bus *SPI*, hanya salah satu yang dapat aktif pada satu waktu.

Jika kita menggunakan kedua perangkat dalam program kita, hal ini akan diatasi oleh *library* yang sesuai. Jika kita tidak menggunakan salah satu perangkat dalam program kita, kiranya kita perlu secara eksplisit mendeselect-nya. Untuk melakukan hal ini pada *SD card*, set pin 4 sebagai output dan menuliskan logika tinggi padanya, sedangkan untuk *W5100* yang digunakan adalah pin 10.

Untuk menghubungkan *ethernet shield* dengan jaringan, dibutuhkan beberapa pengaturan dasar. Yaitu *ethernet shield* harus diberi alamat MAC (*Media Access Control*) dan alamat IP (*Internet Protocol*). Sebuah alamat MAC adalah sebuah identifikasi unik secara global untuk perangkat tertentu. Alamat IP yang valid tergantung pada konfigurasi jaringan. Hal ini dimungkinkan untuk menggunakan *DHCP* (*Dynamic Host Configuration Protocol*) untuk secara dinamis menentukan sebuah IP. Selain itu juga diperlukan *gateway* jaringan dan *subnet*.

4.2.9 Modem

Modem adalah singkatan dari *modulator* dan *demodulator*. Modulator mempunyai fungsi melakukan proses menghantarkan data dalam bentuk sinyal informasi ke sinyal pembawa (*carrier*) agar dapat dikirim ke pengguna melalui media tertentu. Dan proses ini biasa dinamakan dengan proses modulasi. Dalam

proses ini data dari komputer yang berbentuk sinyal digital akan diubah menjadi sinyal analog⁽¹³⁾.

Demodulator mempunyai fungsi sebagai proses untuk mendapatkan kembali data yang dikirim oleh pengirim. Pada proses ini data akan dipisahkan dari frekuensi tinggi dan data yang berupa sinyal analog akan diubah kembali menjadi sinyal digital agar bisa dibaca oleh komputer^[24]. Gambar perangkat modem ditunjukkan pada gambar 2-21.



Gambar 2-21 Modem

(Sumber: <https://tokokomputer007.com/harga-modem-huawei-e173/>, diakses pada tanggal 16 Juli 2018)

Fungsi *modem* adalah merubah komunikasi dua arah dari sinyal digital menjadi sinyal analog atau sebaliknya. Sebuah sinyal digital yang dikirimkan dari komputer diubah menjadi sinyal analog terlebih dahulu oleh *modem* dan ditransmisi melalui kabel telepon untuk diantarkan ke komputer lainnya dan sebaliknya. Saat ini *modem* juga telah mengembangkan teknologi dengan menambah fasilitas *voice modem* yang dapat berfungsi sebagai saluran radio, percakapan telepon maupun audio lainnya^[24].

4.2.10 Router

Router adalah sebuah alat yang mengirimkan paket data melalui sebuah jaringan atau Internet menuju tujuannya, melalui sebuah proses yang dikenal sebagai routing. Proses routing terjadi pada lapisan 3 (Lapisan jaringan seperti *Internet Protocol*) dari *stack* protokol tujuh-lapis OSI⁽¹⁴⁾.

Router berfungsi sebagai penghubung antar dua atau lebih jaringan untuk meneruskan data dari satu jaringan ke jaringan lainnya. *Router* berbeda dengan switch. Switch merupakan penghubung beberapa alat untuk membentuk suatu *Local Area Network (LAN)*.

Sebagai ilustrasi perbedaan fungsi dari *router* dan *switch* merupakan suatu jalanan, dan *router* merupakan penghubung antar jalan. Masing-masing rumah berada pada jalan yang memiliki alamat dalam suatu urutan tertentu. Dengan cara yang sama, switch menghubungkan berbagai macam alat, dimana masing-masing alat memiliki alamat IP sendiri pada sebuah LAN.

Router dapat digunakan untuk menghubungkan banyak jaringan kecil ke sebuah jaringan yang lebih besar, yang disebut dengan *internetwork*, atau untuk membagi sebuah jaringan besar ke dalam beberapa *subnetwork* untuk meningkatkan kinerja dan juga mempermudah manajemennya. *Router* juga kadang digunakan untuk mengoneksikan dua buah jaringan yang menggunakan media yang berbeda (seperti halnya *router wireless* yang pada umumnya selain ia dapat menghubungkan komputer dengan menggunakan radio, ia juga mendukung penghubungan komputer dengan kabel *UTP*), atau berbeda arsitektur jaringan, seperti halnya dari *Ethernet* ke *Token Ring*.

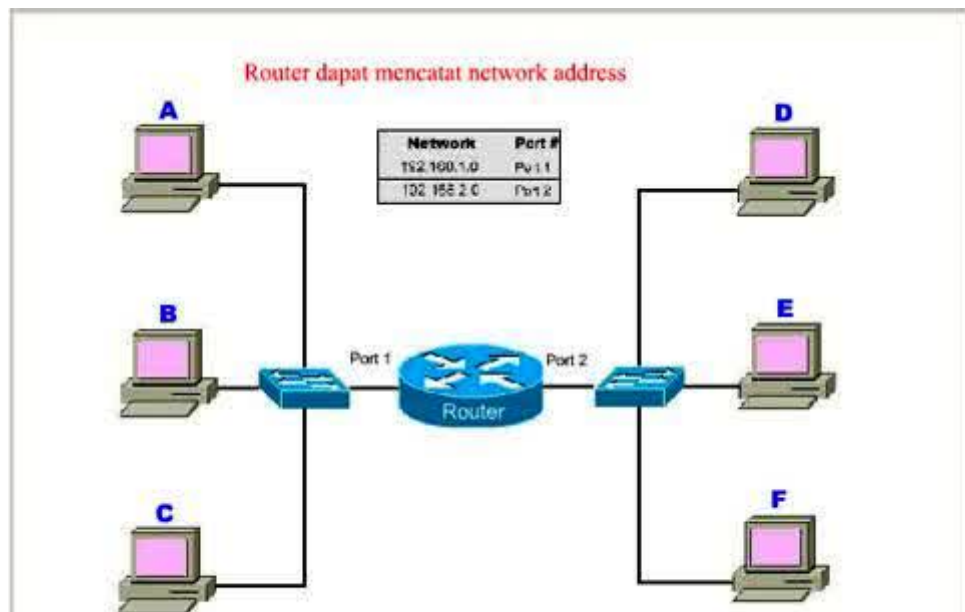
Router juga dapat digunakan untuk menghubungkan LAN ke sebuah layanan telekomunikasi seperti halnya telekomunikasi leased line atau *Digital Subscriber Line (DSL)*. *Router* yang digunakan untuk menghubungkan LAN ke sebuah koneksi *leased line* seperti T1, atau T3, sering disebut sebagai access server. Sementara itu, *router* yang digunakan untuk menghubungkan jaringan lokal ke sebuah koneksi DSL disebut juga dengan *DSL router*. Router-router jenis tersebut umumnya memiliki fungsi firewall untuk melakukan penapisan paket berdasarkan alamat sumber dan alamat tujuan paket tersebut, meski beberapa *router* tidak memilikinya. *Router* yang memiliki fitur penapisan paket disebut juga dengan packet-filtering *router*. *Router* umumnya memblokir lalu lintas data yang dipancarkan secara broadcast sehingga dapat mencegah adanya broadcast storm yang mampu memperlambat kinerja jaringan. Gambar 2-22 menunjukkan bentuk fisik *router*.



Gambar 2-22 Router

(Sumber: <https://www.novatech.co.uk/products/tp-link-tl-mr3420-mobile-3g-4g-wireless-n-router/tl-mr3420.html>, diakses pada tanggal 16 Juli 2018)

Ilustrasi mengenai konfigurasi hubungan *router* dan komputer dapat dilihat pada gambar 2-23 dibawah ini:



Gambar 2-23 Konfigurasi Hubungan *Router* dan Komputer
(Sumber: www.ilmu jaringan.com, diakses pada tanggal 16 Juli 2018)

Pada gambar diatas terdapat 2 buah *network* komputer yang terhubung dengan sebuah *router*. Network sebelah kiri yang terhubung ke port 1 *router* mempunyai alamat network 192.168.1.0 dan network sebelah kanan terhubung ke port 2 dari *router* dengan network address 192.155.2.0. Cara kerja *router* dapat dimisalkan sebagai berikut^[24]:

- Komputer A mengirim data ke komputer C, maka *router* tidak akan meneruskan data tersebut ke network lain.
- Begitu pula ketika komputer F mengirim data ke E, *router* tidak akan meneruskan paket data ke network lain.
- Barulah ketika komputer F mengirimkan data ke komputer B, maka *router* akan meneruskan paket data tersebut ke komputer B.